

⑫特許公報(B2) 昭57-61933

⑬Int.Cl.³
F 16 C 19/38

識別記号

庁内整理番号
7127-3J

⑭⑮公告 昭和57年(1982)12月27日

発明の数 1

(全10頁)

1

2

⑯球面ころ軸受

審 判 昭53-1688
⑰特 願 昭48-76185
⑱出 願 昭48(1973)7月7日
⑲公 開 昭49-57238
⑳昭49(1974)6月4日
優先権主張 ㉑1972年7月7日㉒スウェーデン
(SE)㉓8997/72
㉔発 明 者 エリク・マグナス・ケルストロー
ム
スウェーデン国ペルチル・アンシ
タレブエゲン30番
㉕発 明 者 リーフ・シグバルド・プロムクビ
スト
スウェーデン国イエーテボリ・ス
トルヘイズガタン7番
㉖出 願 人 エス・ケー・エフ・アンデユスト
リアル・トレーディング・アンド・
デベロープメント・カンパニー・
ビー・ブイ
オランダ国アムステルダム・オー
ベルトーム141-145番
㉗代 理 人 弁理士 八木田茂 外2名
㉘引用文献
特 公 昭25-2226(JP, B1)

㉙特許請求の範囲

1 外輪、内輪およびケージの中に設けた中間こ
ろをもち、接触角を有する球面ころ軸受において、30
内輪とところとの間の接触部のすべり摩擦係数が外
輪とところとの間の接触部のすべり摩擦係数よりも
小さく、正常の負荷状態において外輪のころに対
する摩擦力によるスキューモーメントが内輪のこ
ろに対する摩擦力によるスキューモーメントより 35
優勢であるか、それと等しくなっており、作動中
ころのスキュー角が零か、ころとケージとの間の

接触が正常なころの回転を妨げないように制限さ
れた正のスキュー角であることを特徴とする球面
ころ軸受。

発明の詳細な説明

5 この発明は外輪、内輪およびケージの中に設け
た中間ころをもち、接触角を有する球面ころ軸受
に関する。

球面ころ軸受は軸方向力と半径方向力とを受け
るように種々な構成をもつて設計されている。

10 この型の球面ころ軸受において、ころはフラン
ジかあるいは案内輪により案内されることができ
る。ころが外輪、内輪、ケージ、およびフランジ
(または案内輪)に接触するので、この場合各と
ろに数個の摩擦点を生ずる。このような軸受にお
15 けるころは通常ころがり方向に対してある角度を
もつようになり、その結果ころがりやすべりとが
同時に起る。

上記したように、この発明の球面ころ軸受は接
触角をもつが、接触角とはころの荷重の方向と軸
20 受の中心軸線に垂直な平面とのなす角のことであ
る。

負荷を受けたころ軸受の作動中、各ころの回転
軸線は正規の自転軸に対して傾こうとする、すな
わちスキューしようとし、この回転軸線がスキュー
25 ーする角をスキュー角と定義する。

この発明の主な目的は、軸方向荷重と半径方向
荷重との組合わせの最も広い範囲にわたって最小
の摩擦と最大の使用寿命をもつ球面ころ軸受を得
ることである。

この目的を達成するために、この発明による球
面ころ軸受は、内輪とところとの間の接触部のすべ
り摩擦係数が外輪とところとの間の接触部のすべり
摩擦係数よりも小さく、正常の負荷状態において
外輪のころに対する摩擦力によるスキューモー
35 モーメントが内輪のころに対する摩擦力によるスキュー
モーメントより優勢であるか、それと等しくなつ
ており、作動中ころのスキュー角が零か、ころと

3

ゲージとの間の接触が正常なところの回転を妨げないように制限された正のスキュー角であることを特徴とする。

添付図面について、この発明の球面ころ軸受を以下に説明する。

一般に、ころと軌道との輪郭によりころと軌道との接触部で生ずるすべりにより発生する非対称な摩擦力はころをスキューさせようとするモーメントを生ずる。このモーメントをスキューモーメントと呼ぶ。そこで初めにスキュー角ところのスキューモーメントとの意味を詳細に説明するために、直線運動をする二つの同一軌道半径をもつ軌道 R_1 、 R_2 の間に負荷される理想的に対称な球面ころ R を考え、ころの曲率半径と軌道面の曲率半径との比が 100% より少し小さい程度のものであると仮定する(第 1, 2 図)。そのため軌道 R_1 、 R_2 でのころ R の接触域は同じ圧力分布をもつ二つの同一のだ円 E_1 、 E_2 を形成する(第 3 図)。軌道 R_1 、 R_2 をたがいに反対方向に動かし、また空間固定の軸すなわち回転軸線 AR のまわりにころ R を回転するとき、接触線上の任意の各点における周速度はころ R の角速度ところの回転軸線 AR からこの点までの距離との積で決まるので軌道上の任意の位置で違った速度をもつ。その理由は、回転軸線 AR のまわりのころ R の角速度は一定であるが、ころの回転軸線から接触点までの距離はころの長手方向にそつて変化するためである。第 4, 5 図に図示のように、曲線上の二つだけの点 X 、 Y においてのみ純粋なころがりとなり、他の点においてはころの回転軸線から曲線上の与えられた点までの距離がころがり点の対応した距離より小さいか大きいかにより前方へか後方へ向いたすべり運動をもつ。すべり運動の方向に働く摩擦力が各接触点で生ずる。注目すべきこととして、ころと外輪との間のすべり速度分布は運動と力との方向が逆であることを除いて内輪でのすべり速度分布と同一である。

この例で図示するようにすべり速度分布はころの中央軸 L (第 5 図に図示する) で対称であり、それゆえこれらの運動の結果としてスキューモーメントがいずれかの輪の接触でそのころ中央軸のまわりに起らない。

第 6 図に図示のように上記対称的な球面ころ軸受を考える。軌道 R_3 、 R_4 は直線ではなく円形であ

4

りまたころが外方の軌道 R_3 にへこみ面で接触しかつ内方の軌道 R_4 に出張り面で接触しこれにより内方の軌道 R_4 では外方の軌道 R_3 でより大きな面圧力それゆえ大きな半径方向変形を生ずるので、内方軌道と外方軌道とでの接触だ円の形状は変わり、外輪の接触だ円 E_3 は広くかつ短くなり、内輪の接触だ円 E_4 は細くかつ長くなる(第 7 図に図示する)。それでたとえ純粋なころがり点 X 、 Y の距離が外輪に比較して内輪で大きいとしても、各接触でのすべり速度分布がころの中央軸 L に対し対称であり、それゆえこのすべり速度分布からはころをスキューさせようとするスキューモーメントが生じない。

注目すべきこととして、単列ころ軸受の上記分析は理論的な場合であり、一般には相対的運動から生ずる摩擦やすべり力がころの中央軸に対して正確に対称にはならない。しかしながら、非対称は小さいので、それを無視することができる。

ころを軸受軸線に対して角度をもつて配列してある複列球面ころ軸受でのすべり速度分布から摩擦によるスキューモーメントを考える。この型のころ軸受のころ R の輪郭を第 8 図に図示する。ころ R の幾何学的対称性からは垂直力 FN はころの最大直径を横切る直径上での接触負荷点でたがい反対に向いていることを示す。軸受の作用中、外輪と内輪とが反対方向に回転しているとき、それぞれの接触において二個所のころがり点 X 、 Y が存在する。(軌道輪のこの反対方向回転中の接触摩擦効果を理解しやすいようにころの回転軸線 AR を空間に固定させる)。これらの点 X 、 Y はもはや等しいころ半径ではなくて円錐面上に存在することとなる。即ちころとの両軌道輪の接触において二つのころがり点 X 、 Y を通る線が図示のような点へ先細になり、またころの回転軸線 AR が第 8 図に図示のように軸受軸線 Ab と交差する。そこで上記ころがり点 X 、 Y は接触負荷の点すなわちころを通る中央軸 L のまわりに対称ではなくなる。

相対的なすべり運動とそれにより各接触で生ずる摩擦力分布は第 9 a ~ 9 d 図に図示のようになる。クーロン摩擦が接触状態で存在する場合において、摩擦力は垂直力に比例し、すべり速度には無関係であるが、摩擦力の方向はこれに対してすべり運動の方向と反対である。この摩擦力

5

を第9c図に図示する。ここに区域Bに作用する反対方向の力は中央軸Lの下方に図示する。中央軸Lのまわりのこれらの力のモーメントを検討すると区域Aの力のモーメントが区域Cの端部の力のモーメントに釣合つてたがいに相殺し、区域Bの力は中央軸Lの両側でたがいに相殺する。第9d図は上記相殺部を取除いたすべり摩擦力分布を図示するものである。それゆえこれらの力によりスキューモーメントを生じ、このスキューモーメントはころをころがり位置よりスキューさせようとする。

実質的な負荷を受ける複列球面ころ軸受の一部分で摩擦力分布とそれから生ずるスキューモーメントを図示する第10図において、ころの曲率半径と内輪軌道面の曲率半径の比およびころの曲率半径と外輪軌道面の曲率半径との比がともに100%に非常に接近し、 R_i は内輪、 R_o は外輪、 R はころをそれぞれ図示し、外輪 R_o が読者に向いた方向にかつ内輪 R_i がその反対の方向に回転するものとし、符号○はころに働くすべり摩擦力が読者の方へ向いた部分を図示し、符号⊗はころに働くすべり摩擦力が前記のものと反対の方へ向いた部分を図示する。外輪 R_o ところ R との接触で部分 A_1 、 A_2 と部分 B_1 、 B_2 での摩擦力は等しい強さをもちまた中央軸Lから等しい距離で中央軸Lのたがいに反対の側に向いているので、これらの摩擦力はころへ中央軸Lのまわりのトルクすなわちスキューモーメントを加えない。外輪の接触の残りの部分での摩擦力は中央軸Lのまわりにころに結果としてスキューモーメントを加え、そのスキューモーメントはころに矢で図示するような方向にスキューを加えようとする。この方向のスキューを正のスキューとする。これに反して内輪の接点での摩擦はころに矢で図示のように負のスキューを加えようとする。それでもし外輪の接触でのすべり摩擦係数が内輪の接触でのすべり摩擦係数より大きいならば、結果としての摩擦力はころに正のスキューを加える。このことはすべり摩擦係数の差が小さいときにも真であるけれども、この場合には正味のスキューモーメントとスキュー角とは小さい。従来の球面ころ軸受では、内輪の接触でのすべり摩擦係数が外輪の接触でのすべり摩擦係数より通常大きく(たとえば内輪の接点での大きな接触圧力と貧弱な潤滑とのため)、それ

6

で従来の球面ころ軸受にはころが負のスキュー角で走行する傾向がある。このことは、この発明による球面ころ軸受ではたとえ外輪の接触でのすべり摩擦係数が内輪の接触でのすべり摩擦係数より少しだけ大きいとしても従来のものと比較し差すなわちこの発明の効果がかなり大きいことを意味する。もしすべり摩擦係数の差が大きいならば、ころをころげに接触させるように正のスキュー角が大きくなりすぎるので、正のスキュー角を約 $2\sim 3^\circ$ に制限する、そのようにすれば、ケーシング接触での摩擦損失は、軸向き荷重と半径方向荷重とを同時に受ける球面ころ軸受の正常作動中(第10図に図示する)無視できるほど小さい。

次に負荷状態にあるころ軸受について力の釣合をしらべることにより正のスキュー角のころの効果を検討しよう。第11、12図に図示する軸受は複列球面ころ軸受である。第11a図はころ R の中心を通る中央軸Lと軸受軸線とを通り両方の軌動輪の接触点を含む平面上でころ R に働く接触力を図示する。第11a図ではころはスキューしていない。垂直な接触力だけが図の平面に働く(接触面での摩擦力は全部この平面に垂直である)。

第11b図では、正のスキュー角を図示する。外輪ところとの接触によりころは紙面から前方へころがる。しかしながら、ころのスキュー位置のため、ころがり運動の方向は紙面に垂直でない。むしろ、外輪がその回転軸のまわりにしか運動できないしころの接触点での外輪の運動は紙面に正確に垂直であるため、軸受の中央平面から遠ざかるころがり運動成分を生ずる。それゆえ外輪の面は軸受の中央平面の方へ向いた方向でころの表面上ですべらなければならない、これによりころに働く摩擦力 F_T を生ずる。同様な理由で、内輪との接触でころには摩擦力 $-F_T$ が作用する。摩擦力 F_T の軸方向分力 F_{TA} が軌道面に垂直な接触力 F_N の軸方向分力 F_{NA} と同じ方向に働く。これらの二つの軸向き分力 F_{TA} 、 F_{NA} が同じ方向に働くときには、上述で定義されたようにスキュー角が正である。(また内輪での軸方向分力 $-F_{TA}$ が外輪への外部荷重の軸方向分力 F_A と反対方向に働く)。

第11c図では負のスキュー角を図示する。摩擦力の軸方向分力 F_{TA} は垂直な接触力の軸向き分力 F_{NA} に反対の方向に働く。

7

第12a図は一つのところと接触している外輪の一部分における力の釣合いを図示する。第12a図では、ところはスキューしてなく、外輪には軸方向の外部荷重 F_A が考慮中の外輪の部分に働く。

この部分への軸方向荷重は外輪に働く軌道面に垂直なところ接触力 $-F_N$ の軸方向分力 $-F_{NA}$ により釣合う。(ところに働く垂直な接触力を符号 $+F_N$ で図示する)。ところ接触力の半径方向成分 $-F_{NR}$ は力の多角形を構成する二つの力 F_{H_1}, F_{H_2} (以下フープ力という) の合力により釣合う。また

第12b図では、ところは正にスキューした状態を示し、そのとき、摩擦力 $-F_T$ は第11b図のごとく外輪に働く。

ここで外部荷重の軸方向分力 F_A は軌道面に垂直な接触力 $-F_N$ の軸方向分力 $-F_{NA}$ と摩擦力 F_T の軸方向分力 $-F_{TA}$ との合力により釣合う。その結果、第12b図のうち左下の図で実線と点線で図示するように接触力 $-F_N$ はところがスキューしない状態での値より低いものとなる。フープ力 F_{H_1}, F_{H_2} についても同じことが言える。力 $-F_T$ の半径方向分力は軸方向分力をもたずそれで外部荷重の軸方向分力の釣合いに影響せず、垂直な力へのその影響が無視できるほどその半径方向分力は小さい。

第12c図では、ところを負にスキューさせたときの状態を示し、摩擦力 $-F_T$ は第12b図での方向と反対の方向に働く。

第12c図のうち左下の図で実線と点線で図示するように軌道面に垂直な接触力 $-F_N$ はところがスキューしてない状態での値より増加する。フープ力 F_{H_1}, F_{H_2} についても同じことが言える。

第13a, 14a図は外輪に作用する力について同様な分析を図示するが、ここでは外輪が半径方向荷重 F_R を受けている。外方輪にはフープ力はないが、軸向き力 F_H が複列のところを支える二つの半体として考える外輪の間で生ずる。第13a, 14a図はところがスキューしてない状態を図示し、第13b, 14b図は正のスキューの状態を、第13c, 14c図は負のスキューの状態を実線で図示し、またスキューしてない状態を点線で図示する。

点線は大体において実線と同一線上にあるので

8

あるが第14b, 14c図で図示のように明瞭にするため横に平行に移動して図示してある。第14b図において、正のスキューによつて生ずる摩擦力 F_T のため、垂直力 F_N は符号 ΔF_N で図示のように増加し、外輪の半体間の軸向き力 F_H は符号 ΔF_H で図示のように増加する。同様に、第14c図に図示のように負のスキューの場合には、垂直力は符号 $-\Delta F_N$ で図示のように減少し、軸向き力 F_H は符号 $-\Delta F_H$ で図示のように減少する。

第14b, 14c図から明らかなように、 ΔF_N が小さいので、球面ころ軸受で垂直力 F_N に対してころのスキューにより生ぜられる摩擦力 F_T の影響は微々たるものであつて垂直力 F_N に比較して無視できる。それでころのスキューは軸方向荷重を受ける軸受に実質的な影響を与え、半径方向荷重だけを受ける軸受へのころのスキューの影響は、通常の接触角(普通 1°)を有する球面ころ軸受で無視できる。上記種類の軸受は大抵の使用の場合に軸方向荷重を受けるので、負のスキュー角を避けることは重要である。

スキュー角が零である場合の利点は軌道面に垂直な接触力を生ずる外方の軸方向荷重に加算される摩擦力の軸方向分力がないことである。

ころの正のスキュー角が純粋な軸方向荷重を受ける軸受にもたらす有利な効果を軸方向荷重と半径方向荷重とを任意に組合わせて受ける軸受においても同様に生じせしめる。軌道面に垂直な接触力を減少させるということは摩擦損失を減少させ疲労寿命を長くすることになる。

第10~14図では単列か複列かの球面ころ軸受について説明したけれども、列の数に関係なく一般の球面ころ軸受に上記のことがあてはまり、この発明はこのような球面ころ軸受に関するものである。

第15図は、軸方向荷重を受ける代表的な球面ころ軸受についての数学的分析の結果として、縦軸に全摩擦トルクをかつ横軸にころのスキュー角を示す線図であり、ころの若干の正のスキュー角をもたせることにより軸受に作用する全摩擦トルクを最小にすることができることを示している。

通常のころ軸受では、ころは負のスキュー角をとるように設計されている。このような軸受ではころと軌道輪との間の接触で生ずる摩擦力の軸方

9

向分力がところに働く軌道面に垂直な接触力の軸方向分力と反対に作用するすなわち互に対抗するように作用する。そのため、軸方向分力を生ずるような軸受荷重条件の下においては、スキュー角が負になる場合には正のスキュー角の場合より軸受の摩擦損失が高くなり軸受寿命が短くなる。そこで零が正かであるようにころのスキュー角を制御するころ軸受が望まれるのである。

上記したことから明らかなように、ころが零か小さな正のスキュー角をとるためには外輪軌道面のスキューモーメントを内輪軌道上のそれよりも大きくすることが必要である。

結論として、第1～9図とそれらの上記説明とはすべり摩擦力の結果として何故ころをスキューさせるかを明らかにし、第10図とその説明とはこの発明の構成と効果とを従来のものとの比較において明らかにし、第11～14図とそれらの説明とは正のスキュー角の利点すなわち複列球面ころ軸受における全摩擦損失を減ずることを明らかにし、第15図は複列球面ころ軸受の摩擦損失へのころのスキュー角の影響の大きさを示す。

図面の簡単な説明

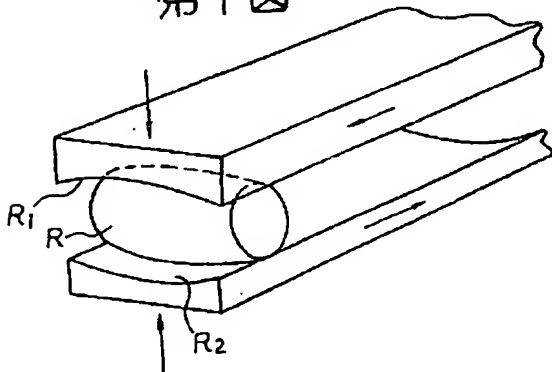
第1図は原理の説明のためのころ軸受を直線上に展開した斜視図、第2、3図は軌道とところの接触状態図、第4図は純粹なころがりの点を図示するところの略図、第5図は第4図のころでのすべり

10

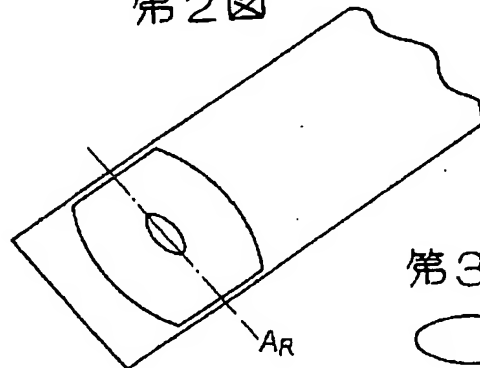
速さを図示する図、第6図は零接触角をもつた球面ころ軸受の部分斜視図、第7図は内外軌道輪上の第6図に示す球面ころの接触状態図、第8図は純粹なころがりの点を図示するため球面ころ軸受の角度をもつところの略図、第9a～9d図は角度をもちまた負荷を受けるころの一般的すべり分布と摩擦力との図、第10図は角度をもつところのスキューモーメントに対する摩擦力分布図、第11a、11b、11c図は種々のスキュー状態下でのころを図示する部分図、第12a図は第11a図に図示する型のころ軸受の中でころと接触する外輪の1部分における軸方向荷重を受ける場合の力作用図、第12b図は第11b図に図示する型のころ軸受のころと接触している外輪の1部分での同様の力の作用図、第12c図は第11c図に図示する型のころ軸受のころと接触している外輪の1部分での同様の力の作用図、第13a図は半径方向荷重を受ける第11a図のころ軸受の力の作用図、第13b、13c図は第11b、11c図のころ軸受の同様の力の作用図、第14a、14b、14c図は第13a、13b、13c図にそれぞれ図示するスキュー状態下での力の多角形、第15図は種々なスキュー状態で軸方向荷重を受ける球面ころ軸受の数学的分析により求められた摩擦トルク線図である。

図中、 R_i は内輪、 R_o は外輪、 R はころである。

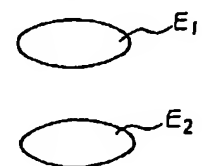
第1図



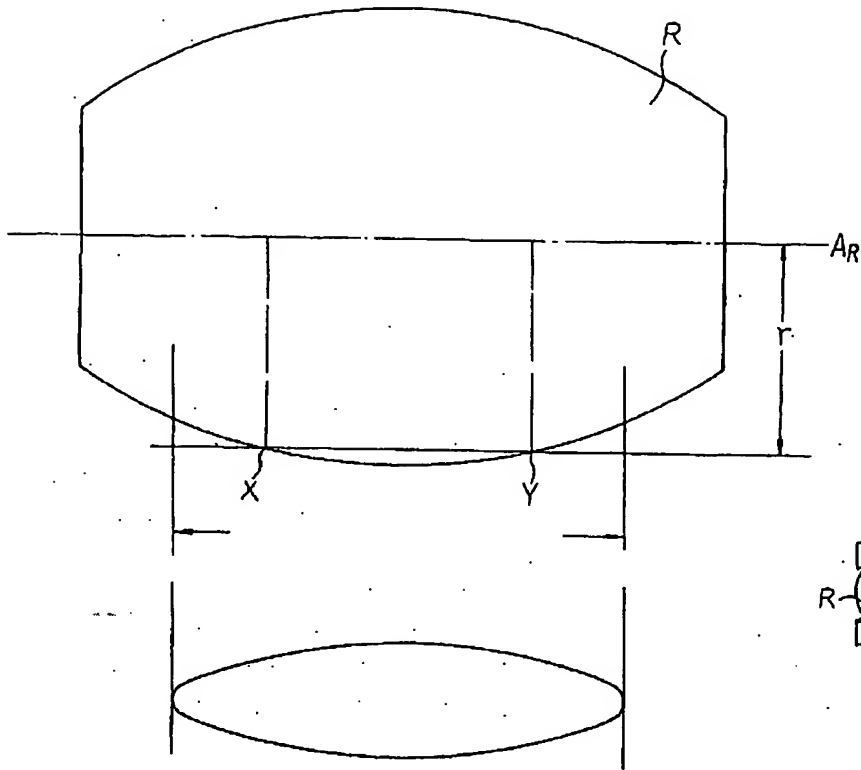
第2図



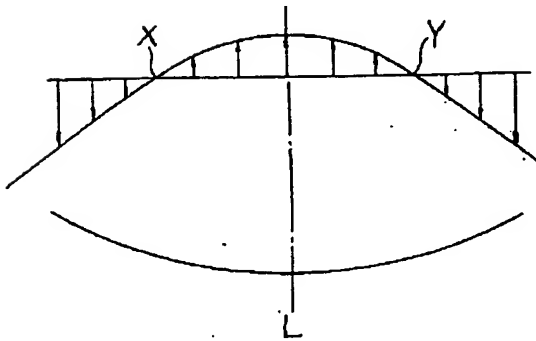
第3図



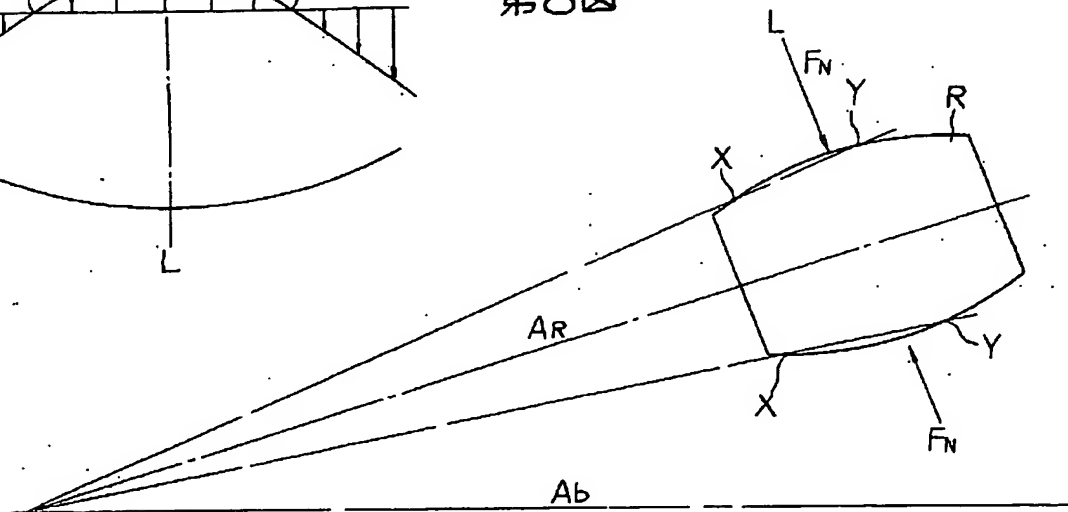
第4図



第5図



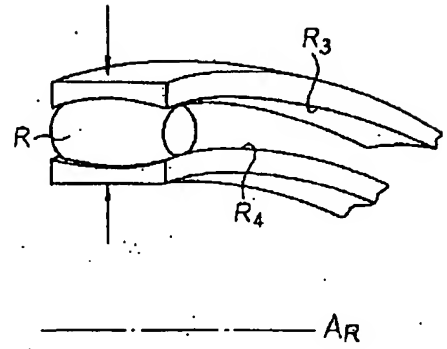
第8図



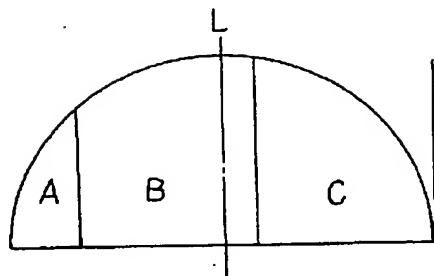
第7図



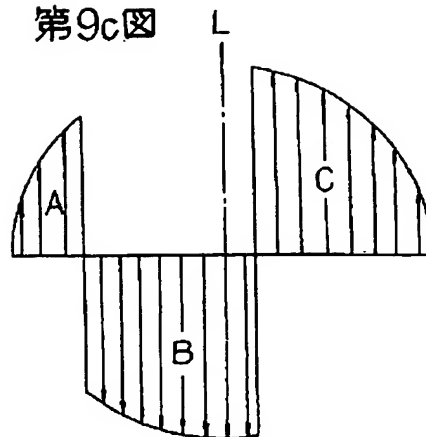
第6図



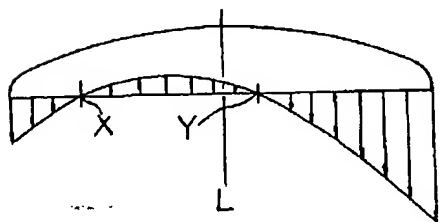
第9a図



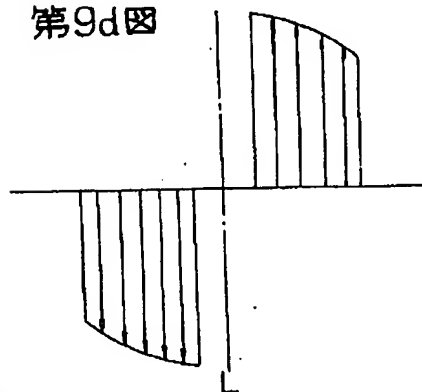
第9c図



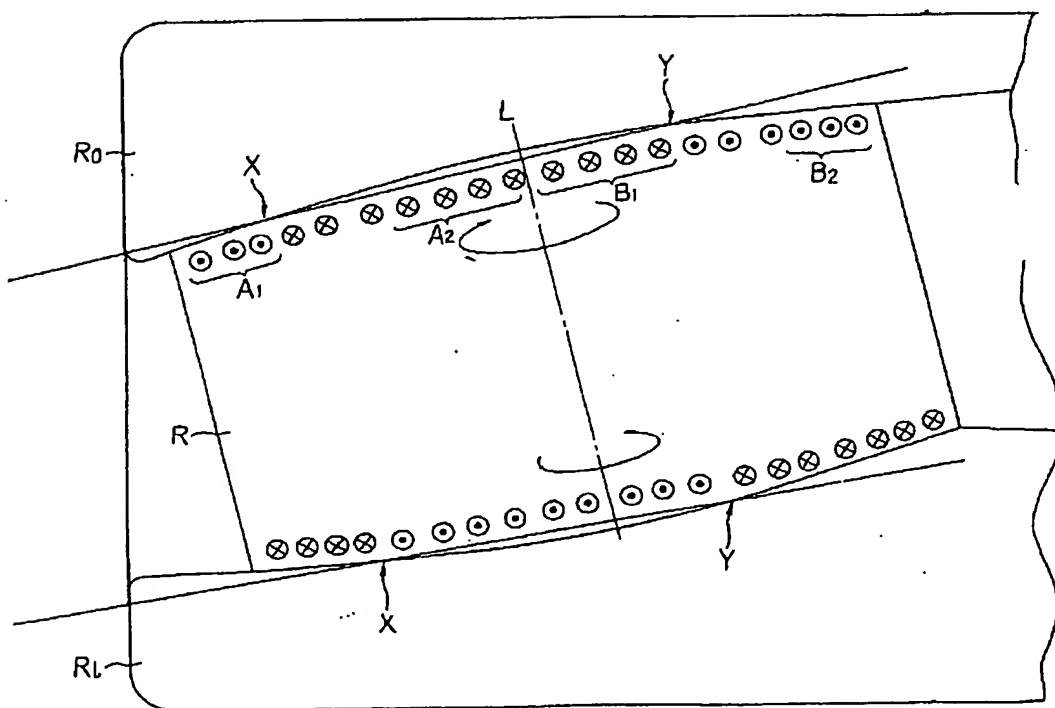
第9b図



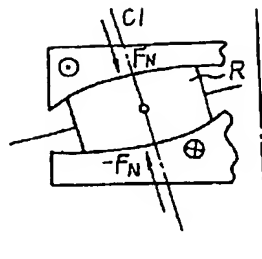
第9d図



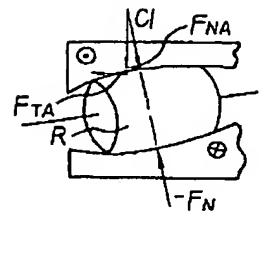
第10図



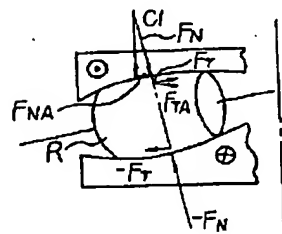
第11a図



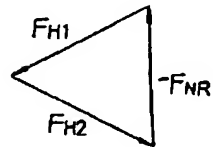
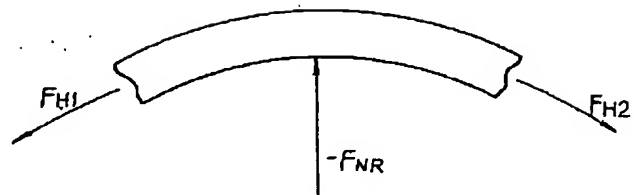
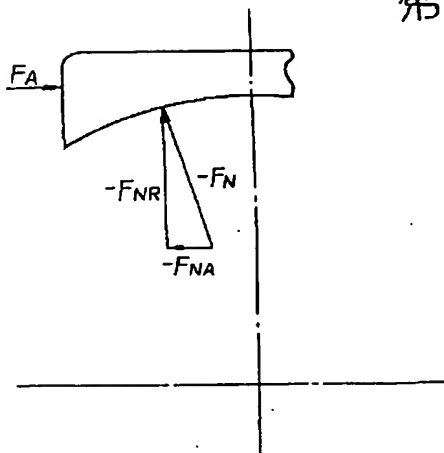
第11c図



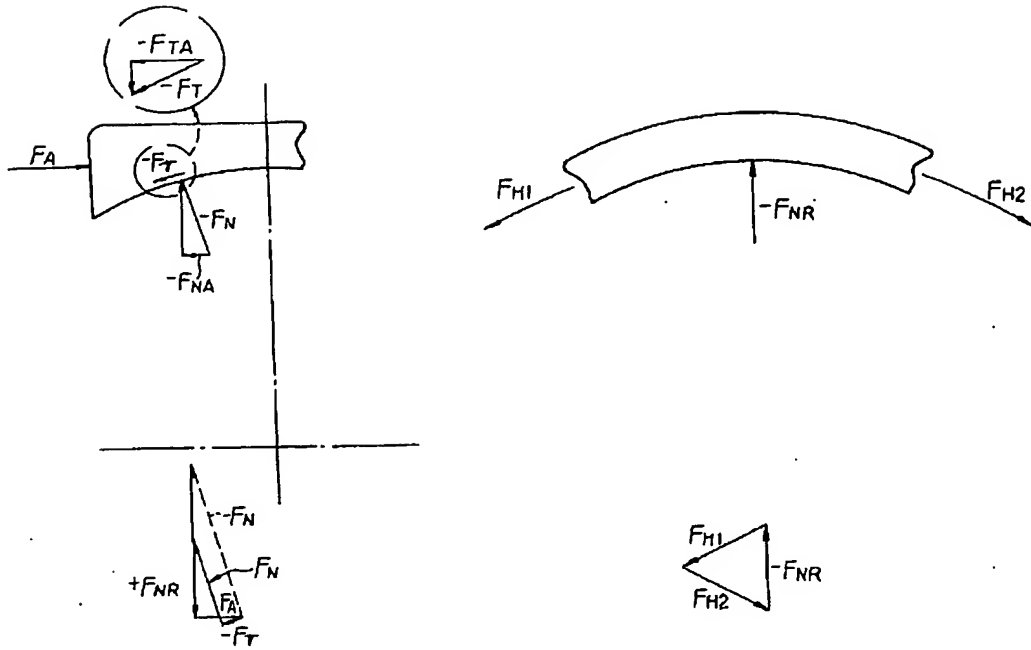
第11b図



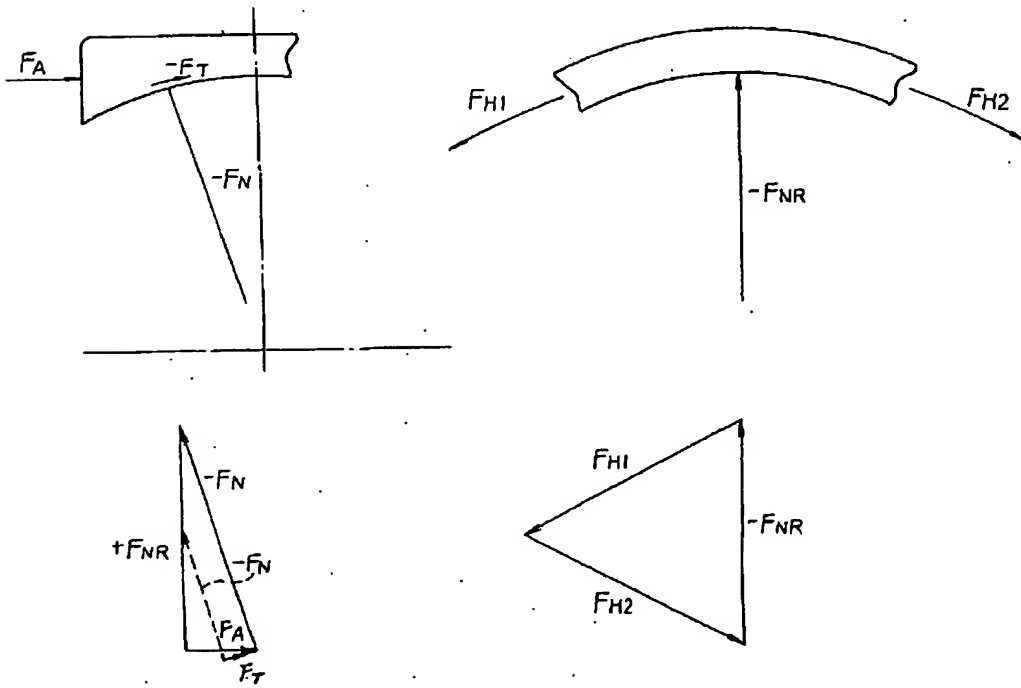
第12a図



第12b



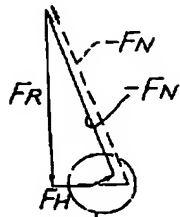
第12c



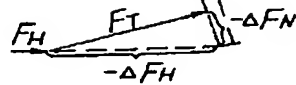
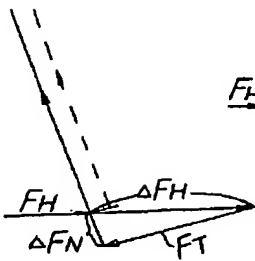
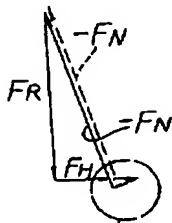
第14a図



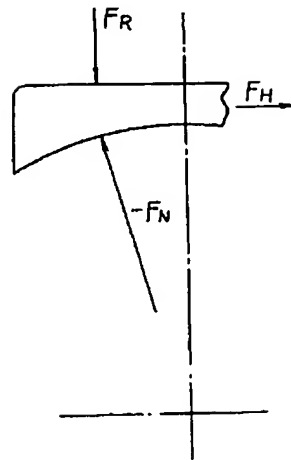
第14c図



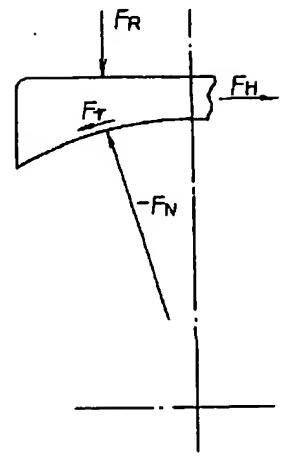
第14b図



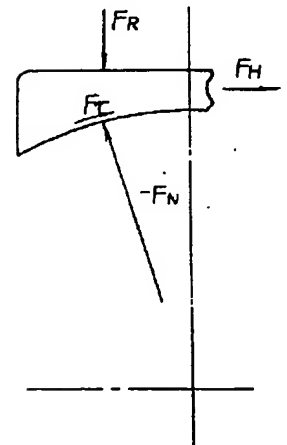
第13a図



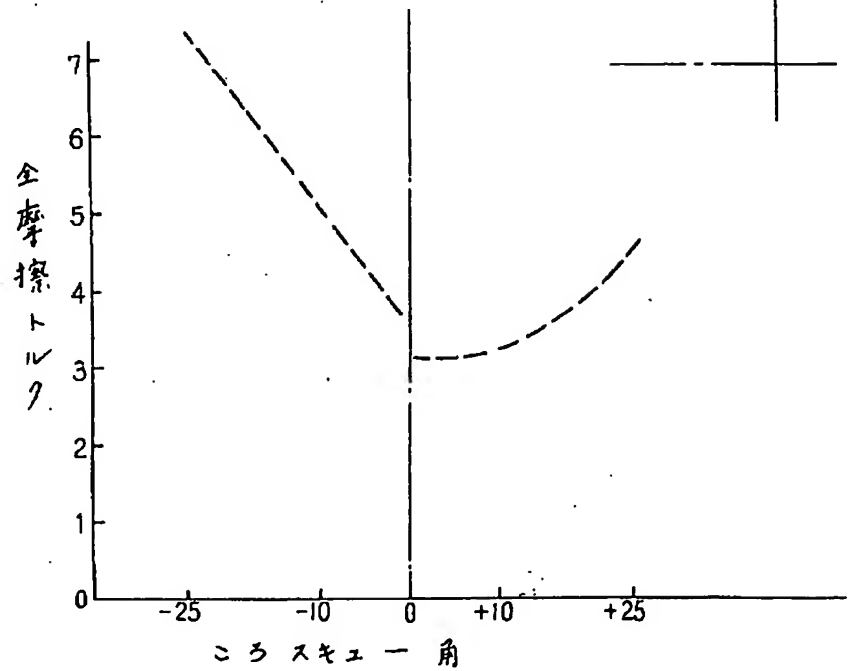
第13b図



第13c図



第15図



第 5 部門(2) 特許法第 6 4 条の規定による補正の掲載 昭 60.6.12 発行

昭和 4 8 年特許願第 7 6 1 8 5 号 (特公昭 5 7 - 6 1 9 3 3 号 ㊟ 5 3 - 1 6 8 8 号、昭 5 7. 1 2. 2 7 発行の特許公報 5 (2) - 4 2 (1 2 1) 号掲載) については特許法第 6 4 条の規定による補正があつたので下記のとおり掲載する。

特許第 1 2 5 2 6 3 9 号

Int. Cl.⁴
F 16 C 19/38

識別記号 庁内整理番号
7127-3J

記

1 第 5 欄 4 1 行「小さい。」の次に「内輪ところとの間の接触部におけるすべり摩擦係数を外輪ところとの間の接触部におけるすべり摩擦係数より小さくする最も簡単な仕方は、外輪の表面を内輪の表面より粗くすることである。」を加入する。